

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

CAMPUS DE CURITIBANOS

CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS

Yriá Dias Pereira

**CRESCIMENTO DE PLANTAS DE TRIGO INOCULADAS COM BACTÉRIAS
PROMOTORAS DE CRESCIMENTO EM CONDIÇÕES DE RESTRIÇÃO HÍDRICA**

CURITIBANOS

2018

Yriá Dias Pereira

**CRESCIMENTO DE PLANTAS DE TRIGO INOCULADAS COM BACTÉRIAS
PROMOTORAS DE CRESCIMENTO EM CONDIÇÕES DE RESTRIÇÃO HÍDRICA**

Trabalho Conclusão do Curso de Graduação em
Agronomia do Centro de Curitibanos da Universidade
Federal de Santa Catarina, como requisito para a
obtenção do Título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof^o. Dr^o. Samuel Luiz Fioreze

Coorientador: Prof^a. Dr^a. Sônia Purin da Cruz

CURITIBANOS

2018

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Pereira, Yriá Dias

Crescimento de plantas de trigo inoculadas com
bactérias promotoras de crescimento em condições de
restrição hídrica / Yriá Dias Pereira ; orientador, Samuel
Luiz Fioreze, coorientador, Sonia Purin da Cruz, 2018.
30 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Campus
Curitibanos, Graduação em Agronomia, Curitibanos, 2018.

Inclui referências.

1. Agronomia. 2. Restrição hídrica. 3. Cultura do Trigo.
4. Co-inoculante. 5. PGPR. I. Fioreze, Samuel Luiz. II.
Purin da Cruz, Sonia . III. Universidade Federal de Santa
Catarina. Graduação em Agronomia. IV. Título.



Serviço Público Federal

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

Coordenação do Curso de Graduação em Agronomia

Rodovia Ulysses Gaboardi km3

CP: 101 CEP: 89520-000 - Curitiba/Paraná - 90

TELEFONE (048) 3723-2170 E-mail: agronomia.cta@contato.ufsc.br.

YRIA DIAS PEREIRA

Crescimento de plantas de trigo inoculadas com bactérias promotoras do crescimento em condições de restrição hídrica

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Engenheiro Agrônomo, e aprovado em sua forma final pelo Curso de Graduação em Agronomia.

Curitiba/Paraná, 13 de novembro de 2018.

Prof. Dra. Elis Borcioni
Coordenadora do Curso

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Samuel Luiz Fioreze
Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina

Profa. Dra. Sônia Pudin da Cruz
Membro da banca examinadora
Universidade Federal de Santa Catarina

Profa. Dra. Ana Carolina da Costa Lara Fioreze
Membro da banca examinadora
Universidade Federal de Santa Catarina

CRESCIMENTO DE PLANTAS DE TRIGO INOCULADAS COM BACTÉRIAS

AGRADECIMENTOS

À Deus e o universo, pela oportunidade de realizar este trabalho, por orientar-me sempre a direção correta.

Aos meus pais, José Francisco Pereira e Clamar Pereira, pela vida, pela educação, pelo esforço em orientar-me na direção correta da vida, pelo esforço dedicado em toda a minha vida acadêmica, por todas as orações e energias direcionadas.

Aos meus irmãos Victor José Pereira e José Vinicius Pereira, pelo companheirismo, força e todos os momentos de convivência.

Aos meus orientadores e amigos, Prof. Dr. Samuel Luiz Fioreze e Prof. Dra. Sonia Purin, pela oportunidade de trabalho, pelos conhecimentos fornecidos, pelo tempo dedicado, pela convivência, pela disposição.

Aos meus queridos amigos, Maria Carolina Kholer e Rodrigo Nicolão, pelo convívio e parceria diária, pela confiança, pela dedicação, pela afinidade, por estarem sempre ao meu lado dando incentivo.

À Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, por me acolher como acadêmica no curso de agronomia.

A todos que participaram deste trabalho de forma direta ou indireta.

RESUMO

A inoculação de rizobactérias promotoras de crescimento de plantas (PGPRs) na agricultura vem sendo utilizada como uma ferramenta potencial para melhorar o crescimento, desenvolvimento e produtividade das plantas cultivadas. O que vem despertando interesse entre os pesquisadores, é que esse incremento de produtividade ocorre não apenas em locais com condições adequadas para cultivo, mas também em áreas com solos marginais ou com extremos ambientais, como a escassez de água. Neste trabalho, utilizou-se os isolados *Pseudomonas spp.* e *Azospirillum brasilense*, com o objetivo de avaliar o comportamento das plantas de trigo (*Triticum aestivum* L) em condições de restrição hídrica. O experimento foi conduzido no ano de 2018, na Área Experimental Agropecuária da Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, em Curitibanos (SC). O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, em esquemas de parcelas subdivididas. As parcelas receberam inoculação via semeadura com os seguintes tratamentos: testemunha, sem inoculação (T), *Azospirillum brasiliense*. (A), *Pseudomonas spp.* (P), e co-inoculação de *Pseudomonas spp.* + *Azospirillum brasiliense* (Ps+Az). Nas subparcelas os tratamentos foram: irrigada (I) e seca (S). Os tratamentos de seca e irrigação, determinados como fator ambiente, ocorreram durante a implantação da cultura por um período de aproximadamente 30 dias após a emergência das plantas de trigo. Foram avaliados a estatura, número de perfilhos (NP), índice SPAD, volume de raiz (VR), acúmulo de matéria seca de parte aérea (MSPA), matéria seca de raiz (MSR) e matéria seca total (MST). A partir dos parâmetros morfofisiológicos avaliados, é possível observar que o fator ambiente, foi significativo ($p < 0,05$) para as avaliações de número de perfilhos e matéria seca de raiz (MSR). Tratando-se da inoculação, realizada nas sementes de trigo, os resultados foram significativos ($p < 0,05$) para as análises de número de perfilhos (NP) e matéria seca total (MST). Houve interação significativa ($p < 0,05$) entre a inoculação de sementes com PGPRs e o déficit hídrico (AxI) para os parâmetros de matéria seca de parte aérea (MSPA) e matéria seca total (MST). O presente estudo indica que a inoculação com PGPRs são capazes de amenizar os efeitos causados pela restrição hídrica, principalmente com a técnica de co-inoculação de *Pseudomonas spp.* + *Azospirillum brasiliense* (Ps+Az).

Palavras-chaves: *Triticum aestivum* L 1. Estresse hídrico 2. Plant Growth Promoting Rizobacteria 3. Co-inoculação 4.

ABSTRACT

Plant growth promoting rhizobacteria (PGPRs) in agriculture has been used as a potential tool to improve the growth, development and productivity of cultivated plants. What has aroused interest among researchers is that this increase in productivity occurs not only in places with adequate conditions for cultivation, but also in areas with marginal soils or with environmental extremes such as water scarcity. In this work, the isolates *Pseudomonas* spp. and *Azospirillum* brasilense, in order to evaluate the behavior of wheat plants (*Triticum aestivum* L) under conditions of water restriction. The experiment was conducted in 2018, at the Agricultural Experimental Area of the Federal University of Santa Catarina, UFSC, in Curitibanos (SC). The experimental design was a randomized complete block design in subdivided plots. The plots were inoculated by sowing with the following treatments: control, without inoculation (T), *Azospirillum* brasilense. (A), *Pseudomonas* spp. (P), and co-inoculation of *Pseudomonas* spp. + *Azospirillum* brasilense (Ps + Az). In the subplots the treatments were: irrigated (I) and dry (S). The treatments of drought and irrigation, determined as environmental factor, occurred during the implantation of the culture for a period of approximately 30 days after the emergence of wheat plants. Stature, number of tillers (NP), SPAD index, root volume (VR), shoot dry matter accumulation (MSPA), root dry matter (MSR) and total dry matter (MST) were evaluated. From the morphophysiological parameters evaluated, it is possible to observe that the environmental factor was significant ($p < 0.05$) for the number of tillers and root dry matter (MSR). The results were significant ($p < 0.05$) for the analyzes of number of tillers (NP) and total dry matter (MST). There was a significant interaction ($p < 0.05$) between seed inoculation with PGPRs and water deficit (AxI) for shoot dry matter (MSPA) and total dry matter (MST). The present study indicates that the inoculation with PGPRs is able to soften the effects caused by the water restriction, mainly with the co-inoculation technique of *Pseudomonas* spp. + *Azospirillum* brasilense (Ps + Az).

Keywords: *Triticum aestivum* L 1. Water stress 2. Plant Growth Promoting Rizobacteria 3. Co-inoculation 4.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Resumo de dados do Boletim Agroclimatológico EPAGRI/CIRAM durante os meses de julho e agosto. Em: Emergência; RHi: Início de restrição hídrica; RHf: Fim de restrição hídrica. Fonte: Estação UFSC-*Curitibanos*20

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Parâmetros morfofisiológicos de plantas de trigo (TBio Toruk) submetidas à inoculação de sementes com bactérias promotoras do crescimento e déficit hídrico no início do perfilhamento. Curitibanos (SC), 2018.....	24
Tabela 2. Desdobramento da interação entre inoculação de sementes com bactérias promotoras do crescimento e déficit hídrico no início do perfilhamento de plantas de trigo (TBio Toruk). Curitibanos (SC), 2018.....	26

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
2.OBJETIVO.....	13
3. REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	19
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
6. CONCLUSÃO.....	27
REFERENCIAS.....	27

1. INTRODUÇÃO

Com a crescente demanda de alimentos, busca-se cada vez mais o aumento produtivo dentro dos ecossistemas agrícolas, visando em conjunto a preservação dos recursos naturais. Dessa forma, muitos esforços vêm sendo empregados entre os estudiosos para que a conquista da sustentabilidade e resiliência da agricultura se aproxime cada vez mais da humanidade, tendo em vista manter boas características qualitativas e quantitativas de produção (HESS, 2007). Nas últimas décadas, é possível observar o surgimento de tecnologias alternativas que fundem conhecimentos ecológicos e agrícolas, buscando resolver os problemas do atual sistema de produção de alimentos, oriundos de um longo histórico de intensificação agrícola (GLIESSMAN, 1990).

Dentre essas tecnologias, a inoculação de microrganismos em espécies vegetais vem se destacando cada vez mais entre os pesquisadores, possibilitando um importante ganho ecológico e econômico em áreas agrícolas, tendo assim, um papel fundamental no processo de conquista da sustentabilidade na agricultura (CARDOSO e ANDREOTE, 2016).

Muito além de fixação de nitrogênio atmosférico e redução de uso de agroquímicos para o solo e as plantas, os microrganismos promotores de crescimento, conhecidos internacionalmente por PGPR (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*), são capazes de promover inúmeros benefícios, quais estão diretamente ou indiretamente ligados aos vegetais (VEJAN, 2016).

Apesar de o conhecimento sobre os mecanismos de ações dos PGPRs ainda não serem totalmente conhecidos pela ciência, estudos afirmam que esses induzem melhorias na emergência de plântulas, aumento de área de superfície foliar, vigor, maior acúmulo de carboidratos, maior produção e regulação de fitormônios indutores de resistência a patógenos, e amenização dos danos causados pelo déficit hídrico, sendo o último, o enfoque dessa avaliação em estudo. Além disso, esse grupo de microrganismos são capazes de promover inúmeros benefícios ao meio ambiente quando utilizados de forma correta, pois diminuem a utilização de insumos sintéticos e consequentemente a acidificação dos solos (VEJAN, 2016).

Um ambiente com disponibilidade hídrica regular é fundamental para o sucesso de produção vegetal, sendo esse exigido durante todo o período de desenvolvimento de qualquer cultura agrícola. Esse fator ambiental pode afetar a produção de diversas formas, principalmente, características quantitativas no que se diz respeito a produção de bioamassa

vegetal e consequentemente rendimento de grãos ou produtividade final (GUARIENTI, et al., 2005).

Atualmente, o *Triticum aestivum* L. pode ser cultivado em diversas áreas com diferentes condições para cultivo, fruto do melhoramento genético e aperfeiçoamento das técnicas de manejo. Entretanto, ainda assim observa-se uma grande variabilidade de produtividade entre os triticultores brasileiros. Essa realidade define o cenário da produção tritícola do Brasil, onde o mercado interno não possui produção o suficiente para atender a demanda da população, desencadeando danos severos na balança comercial e no bolso do consumidor (MANFRON, LAZZAROTTO e MEDEIROS, 1993; CONAB, 2017).

A necessidade de importação de grãos de trigo de países como a Argentina, é a prova de que os esforços entre os pesquisadores brasileiros de diferentes áreas agrícolas devem continuar, afim de elevar a rentabilidade do triticultor e também induzir o interesse de novos produtores (BRUM e MÜLLER, 2008). Logo, o uso dos PGPRs se encaixam como uma prática alternativa, ou ainda, como uma ferramenta essencial para o aumento de rendimento da produção do trigo no Brasil, não somente pela promoção de crescimento, mas também pela indução de resistência à estresses bióticos e abióticos (EMBRAPA, 2015).

Desta forma, este trabalho tem por objetivo avaliar o efeito da inoculação de PGPRs para a promoção de crescimento na cultura do trigo (*Triticum aestivum* L.) em condições de déficit hídrico, desenvolvido através da Universidade Federal de Santa Catarina.

2. OBJETIVO GERAL

Avaliar o efeito da inoculação de PGPRs para a promoção de crescimento na cultura do trigo (*Triticum aestivum* L.) em condições de déficit hídrico.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 A CULTURA DO TRIGO

O trigo é um grão considerado como alimento básico para praticamente todos os povos do mundo, pois constitui uma das principais fontes de carboidratos, proteína, minerais, gordura, vitaminas e fibra (MEHTA, 2014; WIRGLEY, 2009). De acordo com o departamento da agricultura dos Estados Unidos (USDA), a produção mundial deste cereal na safra de 2017/2018 passou de 750 milhões de toneladas, um dos maiores recordes de produção já registrados, mesmo havendo uma redução de aproximadamente 1% de área colhida (CONAB, 2018). Este padrão vem sendo observado nos últimos 20 anos, onde é possível perceber um crescimento no rendimento e produtividade no setor, devido a introdução de cultivares altamente produtivas oriundas do melhoramento genético, somado ao manejo intensivo da cultura. Como: adubação, calagem, uniformidade de semeadura e manejo integrado de pragas e doenças (MEHTA, 2014).

Trata-se de uma gramínea de inverno, e as espécies dessa cultura podem ser classificadas em três espécies diferentes, sendo elas: *Triticum aestivum* L., *Triticum compactum* H. (*club wheat*) e *Triticum durum* (*Hard wheat*). A constituição genética das duas primeiras espécies é hexaploide com três genomas AABBDD (n=21), e a terceira trata-se de uma espécie tetraploide com dois genomas AABB contendo quatorze cromossomos (MEHTA, 2014). Responsável por aproximadamente 90 % da produção mundial, a espécie *Triticum aestivum* L. vem se destacando como a mais utilizada em áreas de cultivo (WRIGLEY, 2009).

De acordo com os últimos dados contabilizados oficialmente pela Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação, os maiores produtores mundiais de trigo durante a safra do ano de 2016 foram a China, atingindo mais de 131 milhões de toneladas de produção, Índia com 93 milhões de toneladas, e a Rússia com pouco mais de 73 milhões de toneladas. Os Estados Unidos, por sua vez, encontra-se em quarto lugar no ranking de produção, atingindo praticamente 63 milhões de toneladas (FAO, 2016).

No Brasil, estima-se que a produção total de trigo seja de 7 milhões de toneladas colhidas em aproximadamente 2 milhões de hectares. O potencial produtivo pode chegar a 3 toneladas por hectare. A região Sul, destaca-se por ser a região tradicional de cultivo do trigo, no entanto, atualmente, o trigo irrigado no cerrado possui uma importância estratégica para o desenvolvimento da cultura no país. Na região do Brasil Central, o trigo pode ser cultivado em dois tipos de sistema diferentes. O primeiro pode ser em sequeiro ou safrinha, onde o plantio

pode ser efetuado a partir da segunda quinzena de janeiro, e o segundo é o cultivo irrigado, com semeadura a partir da segunda quinzena de abril, sob pivô central (CONAB, 2017).

Atualmente existe uma grande necessidade de aumentar a produção do trigo em todas as regiões do Brasil, pois a recente produção nacional não possui capacidade de suprir a demanda do consumo brasileiro. Além disso, a palhada restante do cultivo é muito benéfica para as culturas de verão, sendo uma espécie importante para o planejamento de rotação de culturas nas lavouras (CONAB, 2017).

3.2 EFEITO DO ESTRESSE HÍDRICO EM PLANTAS

A disponibilidade hídrica durante qualquer período de desenvolvimento de qualquer cultura agrícola, pode afetar a produção de diversas formas, principalmente, características quantitativas no que se diz respeito a produtividade de grãos (GUARIENTI, et al., 2005).

O déficit hídrico, por sua vez, induz nos vegetais um tipo de estresse poligênico, pois é considerado um dos fatores mais importantes que limita o rendimento não apenas do trigo qual está em foco nesse estudo, mas também toda a produção vegetal (KILIÇ e YAGBASANLAR, 2010).

A resposta das plantas, em relação à falta de água, pode variar de acordo com diferentes fatores, tais como: estágio de desenvolvimento, severidade, duração do estresse e resistência genética. Para a cultura do trigo, alguns dos caracteres morfológicos mais afetados podem ser: comprimento de raiz, perfilhamento, número de espigas, número de grãos por espiga, número de perfilhos férteis, peso de mil grãos, comprimento do pedúnculo, volume de raiz, tamanho de folha, taxa fotossintética, produção de biomassa, altura de planta, entre outros (KILIÇ e YAGBASANLAR, 2010). Outra consideração bastante relevante, é a elevação do teor e composição de proteína dos grãos de trigo quando submetidos a restrição hídrica, bem como o conteúdo mineral (SINGH, GUPTA e KAUR, 2011).

O efeito de redução de crescimento e produção de biomassa de plantas submetidas ao déficit hídrico, ocorre devido ao fenômeno conhecido por pressão de turgescência. Em uma célula vegetal, o ambiente extracelular consiste no fluido da parede celular que circunda e delimita uma célula. Apesar de esse fluido conter mais solutos do que a água contida no solo, ainda se encontra na forma hipotônica em comparação ao interior da célula. Tal desequilíbrio osmótico faz com que a célula desenvolva uma grande pressão hidrostática em seu interior.

Essa pressão é vital para os vegetais, pois é a principal força motriz da expansão celular durante seu crescimento (ORTEGA, 2010).

Visto que a expansão celular depende da pressão de turgescência, qual está diretamente relacionada a disponibilidade hídrica presente no solo, sendo assim, um dos principais mecanismos responsáveis pelo acúmulo biomassa e produtividade dos vegetais, pode-se concluir que um ambiente submetido a condições de restrição hídrica resulta em danos severos nos vegetais, dentre eles: diminuição da taxa de assimilação fotossintética, prejudicando drasticamente a produtividade das plantas. No trigo por sua vez, o resultado final limita principalmente o enchimento de grãos, devido à redução do porte da planta, bem como seus órgãos vegetais (KILIÇ e YAGBASANLAR, 2010).

3.3 OS PGPRs E SUA AÇÃO NAS PLANTAS

As rizobactérias promotoras de crescimento são microrganismos de solo, que habitam a superfície radicular dos vegetais. Seu modo de ação pode estar diretamente ou indiretamente envolvidas na promoção de crescimento e desenvolvimento durante todo o ciclo das plantas. Esses benefícios são possíveis devido a produção e secreção de diferentes exsudados, ou também chamados de reguladores químicos. Normalmente as PGPRs facilitam a promoção de crescimento devido ao auxílio na absorção de substratos, ou ainda modulando os níveis de hormônios vegetais (AHEMAD E KIBRET, 2013).

Cada vez mais as pesquisas sobre os PGPRs vêm sendo intensificada por todo o mundo, afim de melhorar a sanidade e a produção das plantas cultivadas pela agricultura, uma vez que essas possuem potencialidades que vão além do crescimento. Alguns dos temas que vêm despertando muito interesse entre os pesquisadores mais recentemente são: a produção de fitohormônios indutores de resistência a patógenos, amenização dos danos causados pelo déficit hídrico, e o mais recente de todos os temas, são os benefícios na restauração de áreas degradadas, pois, esses microrganismos agem também como biorremediadores (VEJAN, 2016; SINGH, VAISH, PRATAP SING, 2015).

Além disso, seguindo a tendência de sustentabilidade e resiliência dos ecossistemas agrícolas, os PGPRs são vistos como uma importante ferramenta que beneficia não apenas a produtividade das plantas cultivadas, mas também o meio ambiente, pois pode promover a redução significativa de todos os insumos agrícolas demandados pela agricultura convencional (AHEMAD E KIBRET, 2013).

Embora os PGPRs ainda sejam pouco compreendidos em sua totalidade pela ciência, pois os estudos ainda se encontram em fases iniciais, já é possível afirmar que existem diversos mecanismos de ações na atuação desses microrganismos, que variam de acordo com a sua classificação de origem de cada organismo (AHEMAD E KIBRET, 2013).

No princípio, o objetivo de pesquisa e utilização de rizobactérias era de apenas promover aumento do crescimento e rendimento na produção de biomassa das plantas, porém hoje tal hipótese evoluiu. Esses microrganismos de solo possuem também a capacidade de estimular a bioproteção dos vegetais, através da ativação de mecanismos específicos para promover a indução de resistência perturbações bióticas e abióticas (KOKALIS-BURELLE et al., 2006).

Para compreender melhor esse tipo de resistência induzida, é preciso primeiramente ter em mente que as plantas desenvolveram naturalmente em sua evolução uma adaptação e respostas fisiológicas para lidar com o estresse hídrico, como por exemplo a redução da transpiração com o fechamento dos estômatos, diminuição da atividade fotossintética e diminuição de dependência das raízes. Normalmente, plantas com altos níveis de antioxidantes possuem uma boa resistência aos danos causados pela seca (DIMKPA, WEINAND, ASCH, 2009), características reunidas em apenas algumas cultivares específicas encontradas no mercado atual brasileiro.

Ainda que a ciência ainda não tenha domínio total sobre esses microrganismos, o que se sabe até então, é que esses possuem a habilidade de induzir inúmeros benefícios para os vegetais, como a produção de fitormônios, fixação anaeróbica do nitrogênio atmosférico, resistência a patógenos, síntese de antibióticos, produção de enzimas e compostos fungicidas, solubilização mineral de fostato e outros nutrientes, amenização de efeitos abióticos, bem como variação de temperatura, excesso de calor ou frio, salinização do solo, e a restrição hídrica (GHOLAMI, SHAHSAVANI e NEZARAT, 2009).

Em estudos anteriores, as maiores taxas de crescimento e rendimento de produção agrônômica através da inoculação de PGPRs, foram encontradas com o uso de *Azospirillum brasilienses* e *Pseudomonas* spp. Na canola, por exemplo, as bactérias do gênero *Pseudomonas* possuem a capacidade de aumentar o sistema radicular e acelerar o alongamento de raiz, assim como no trigo e na batata. A inoculação com *Azospirillum* pode resultar em mudanças significativas em vários parâmetros de crescimento principalmente nas cultura do milho e trigo, como aumento de biomassa, absorção de nutrientes, peso de planta, tamanho de folhas e

comprimento de raiz. Além disso, os gêneros *Azospirillum* e *Pseudomonas* possuem um grande potencial de exploração agrícola, podendo ser usadas como fertilizantes natural (GHOLAMI, SHAHSAVANI e NEZARAT, 2009).

Outros resultados satisfatórios foram obtidos nos trabalhos de Souza-Júnior et al. (2010), onde foram observados que a promoção de crescimento em plantas de arroz irrigado inoculada com estirpes de *Pseudomonas synxantha* e *Bacillus* sp. apresentaram aumento médio de 70% da área foliar e supressão média de 37% de queima da bainha. Em outro estudo realizado, Nandakumar et al. (2001) constatou que plantas inoculadas via semente, raiz e folha com *Pseudomonas fluorescens* apresentam resultados similares ao do fungicida Carbendazim. Chatterjee et al. (1996) comprovou que o isolado PF714 de *Pseudomonas fluorescens* teve mais eficiência que o fungicida Tricyclazole no controle de brusone em arroz irrigado.

Acredita-se que vários mecanismos das PGPRs atuam ao mesmo tempo de modo sincronizado promovendo o crescimento das plantas, mesmo em condições de pouca água (KUDAN, et al., 2015).

4. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em condições de campo, na Área Experimental Agropecuária da Universidade Federal de Santa Catarina- Campus Curitibanos, entre os meses de julho e outubro de 2018. De acordo com a classificação de *Köppen*, o clima predominante da região predominante é o Cfb temperado, mesotérmico úmido e verão ameno. As temperaturas médias ficam entre 15°C e 25°C, e a precipitação média anual normalmente se aproximam de 1500 mm.

4.1 DELINEAMENTO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

O delineamento utilizado foi de blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas, composto por 4 tratamentos e 2 subtratamentos, em 4 repetições (blocos), totalizando 32 parcelas. As parcelas consistiram em: (T1) testemunha, (T2) Inoculação de *Pseudomonas* spp. em semeadura, (T3) Inoculação de *Azospirillum brasilense* em semeadura, (T4) Inoculação por “mix” de *Pseudomonas* spp. + *Azospirillum brasiliense* em semeadura. Os subtratamentos em: (CI) com irrigação, e (SI) sem irrigação.

Cada subparcela foi constituída por três linhas de semeadura espaçadas em 0,30 metros e com 1 metro de comprimento, totalizando 0,9 m²/ parcela⁻¹. Para área útil de cada parcela foi considerada apenas a linha de semeadura central, desconsiderando as bordaduras. Logo, a área útil foi igual a 0,3 m² em cada parcela.

A cultivar utilizada para o trabalho foi TBIO TORUK, da empresa Biotrigo, que possui características de ciclo intermediário, porte baixo resistente a acamamento e rendimento potencial produtivo de 4500 kg/ ha⁻¹. A semeadura foi realizada manualmente no dia 3 de julho de 2018, dentro da janela de semeadura indicada pela empresa de origem.

O experimento foi conduzido por quatro repetições (blocos), e cada bloco foi subdividido em 7 parcelas. A densidade de semeadura utilizada foi de 266,66 sementes/m², e o espaçamento de (30x1,25) cm, resultando na necessidade de 240 sementes por parcela. Com o auxílio de uma balança analítica, determinou-se o peso médio de 80 sementes, e o peso utilizado para cada linha de semeadura foi de 3,2 g. As sementes foram submetidas ao tratamento afim de evitar problemas com pragas e algumas doenças durante o estabelecimento da cultura.

A inoculação de sementes, quando prevista, fora realizada instantes antes da implantação das parcelas. Para efetuar a inoculação com *Azospirillum brasilense* neste trabalho,

utilizou-se o produto comercial AzoTotal® na forma líquida, com concentração de 2×10^8 UFC/ ml^{-1} , empresa Total Biotecnologia. Já para inoculação de *Pseudomonas spp.*, foi utilizado uma solução, com concentração de 1×10^7 UFC/ ml^{-1} . O “mix” entre as duas PGPRs (*Pseudomonas spp.* + *Azospirillum brasiliense*) foi preparado no laboratório de microbiologia da UFSC-Curitiba.

O período de déficit hídrico ocorreu entre os dias de 1 de julho até o dia 7 de agosto durante todo o inverno, com um total de pouco mais de 15 mm de chuva. Totalizando 25 dias de restrição hídrica após a emergência da cultura (Emergência: 12 de julho) (Figura 1).

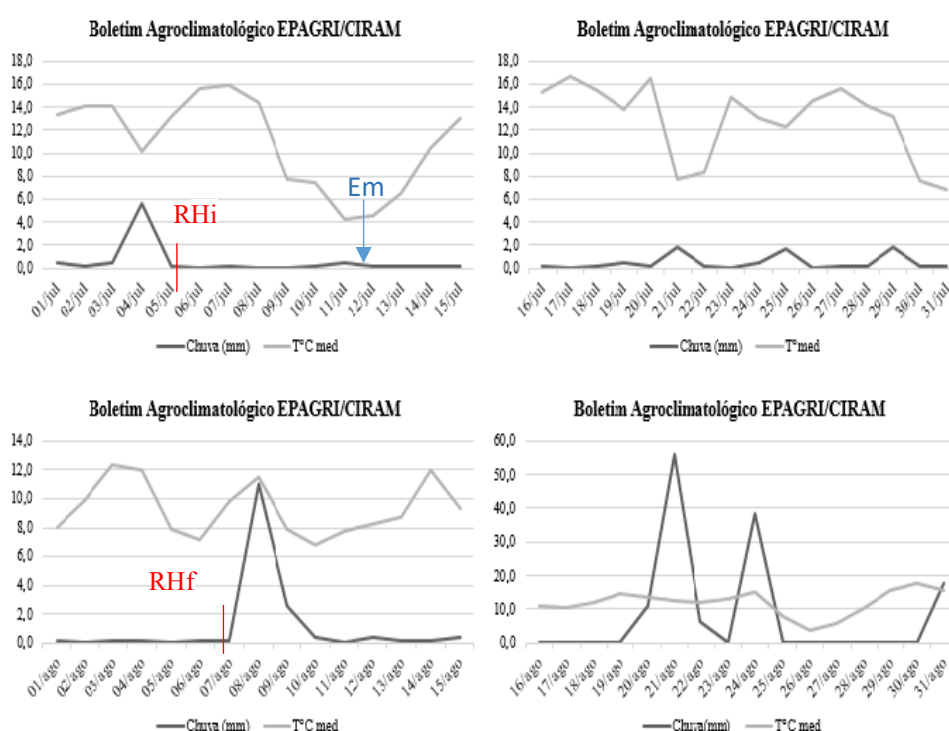


Figura 1. Resumo de dados do Boletim Agroclimatológico EPAGRI/CIRAM durante os meses de julho e agosto. Em: Emergência; RHi: Início de restrição hídrica; RHf: Fim de restrição hídrica. Fonte: Estação UFSC-Curitiba.

O procedimento de irrigação das parcelas (subtratamento CI), foi realizado com o auxílio de um regador de 5 litros e também de um tanque pipa. As irrigações ocorreram conforme a necessidade das plantas, sem uma regularidade definida. A cada irrigação foram dispostos dois regadores por parcela (10 litros) correspondente a uma lâmina de água 11,22 mm/ m^2 . Quanto ao subtratamento SI, não foi realizado o fornecimento de água.

Efetou-se duas aplicações de nitrogênio em cobertura. A primeira no dia 7 de agosto, quando a cultura se encontrava no início do perfilhamento, 25 dias após a emergência. E a

segunda durante o estágio de alongamento. Utilizou-se nitrogênio na forma ureia, totalizando a quantidade de 88,88 kg por hectare.

Durante a condução do experimento o controle de plantas espontâneas ocorreu de forma manual, com auxílio de uma enxada. Não foram utilizados herbicidas pós-emergentes. No entanto, foi utilizado o manejo convencional para controle de pragas e doenças.

4.2 FORMA DE APLICAÇÃO DOS PGPRs

Em laboratório, as sementes foram primeiramente pesadas com auxílio de uma balança analítica, e separadas em copos descartáveis de 50 ml, contendo 80 sementes por copo, pesando aproximadamente 3,2 g cada amostra. Após este procedimento, efetuou-se os cálculos da necessidade de inoculantes, levando em consideração o peso das sementes e a recomendação das soluções.

Para o cálculo geral, foi considerado para ambas as PGPRs, a dose de 200 ml de inoculante para 50 kg de semente. Todavia, quando realizado o “mix” com as duas espécies de bactérias, foi utilizado 200 ml de *Azospirillum brasilense* e 200 ml de *Pseudomonas* spp. para cada 50 kg de semente.

A fim de evitar contaminações, o preparo das soluções fora realizado em uma câmara de fluxo laminar com o auxílio de uma pipeta automática, e armazenadas dentro de tubos Eppendorf. Separou-se cada tubo Eppendorf com a quantidade de solução correspondente a uma linha de semeadura de 1m, uma vez que, afim de facilitar a aplicação no campo, realizou-se os cálculos da necessidade de solução por linha, considerando o peso de 80 sementes (3,2 g). Logo, foram preparados 3 Eppendorf para cada parcela.

Após o preparo das soluções, todo o material foi identificado com a nomenclatura dos devidos tratamentos e transportados do laboratório até a área experimental, objetivando realizar o plantio. Com auxílio de uma pipeta de plástico descartável, os tratamentos foram retirados do Eppendorf, e dispostos sobre as sementes contidas nos copos descartáveis, realizando a inoculação das mesmas.

Imediatamente após a inoculação, foi realizada a semeadura.

4.3 AVALIAÇÕES

As características avaliadas foram: estatura, número de perfilhos, pesagem de matéria fresca da parte aérea e radicular, pesagem de matéria seca da parte aérea e radicular, volume de raiz e índice SPAD.

A estatura foi avaliada a campo, de forma não destrutiva, um dia após o fim da restrição hídrica (36 DAS). Efetuou-se a média do valor de altura de 4 plantas escolhidas aleatoriamente em cada unidade experimental, com o auxílio de uma régua graduada em milímetros. A medição foi realizada do colo da planta até a última folha expandida.

O número de perfilhos foi contabilizado um dia após o fim da restrição hídrica (36 DAS), onde foi realizado a contagem manual do número de perfilhos emitidos em um espaço de 30 centímetros, contidos na área útil experimental. A cultura se encontrava em pleno estágio de perfilhamento.

Para realizar a avaliação de acúmulo de matéria seca, foram retiradas plantas de 30 cm da bordadura, quais foram encaminhadas imediatamente para o laboratório para executar as análises com o auxílio de uma balança de precisão. Foi realizado a separação da parte aérea e radicular das amostras, utilizando uma tesoura de poda. Na sequência ocorreu a pesagem individual de cada parte das plantas. Após a obtenção dos dados, foi possível obter-se o valor de acúmulo de matéria seca da parte aérea, matéria seca radicular, e matéria seca total.

A segunda parte da análise de acúmulo de massa seca foi realizada após a secagem do material fresco. As amostras foram levadas para uma estufa onde permaneceram por 48 horas, até que a massa do material se tornasse constante. Após a desidratação do material, o mesmo foi pesado novamente com o auxílio de uma balança de precisão, determinando-se o peso seco da parte aérea e da parte radicular das plantas amostrais. Após a obtenção dos dados, foi possível obter-se o valor da fitomassa da parte aérea, fitomassa de raízes, fitomassa total, por fim a razão entre a fitomassa da raiz e parte aérea por planta.

Após a separação do sistema radicular e da parte aérea das plantas amostrais, foi possível realizar a avaliação de volume radicular. As raízes foram mergulhadas em uma proveta de 150 ml, contendo 100 ml de água, as raízes foram mergulhadas em água com o auxílio de uma pinça, e determinou-se o volume a partir da variação do mesmo.

As leituras do índice SPAD foram realizadas nas folhas das plantas utilizando-se um clorofilômetro manual, com o objetivo de obter-se os teores de clorofila. No momento das avaliações, a cultura se encontrava no estágio final de perfilhamento.

4.4 ANÁLISE DE DADOS

As análises estatísticas dos dados foram realizadas em parcelas subdividas com o auxílio do programa SISVAR. As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste F de Tukey a 5% de significância ($p < 0,05$).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Tabelas 1 e 2, são apresentados os resultados das médias estatísticas entre variáveis ambientais e inoculação via semeadura com bactérias promotoras de crescimento (PGPRs).

A partir dos parâmetros morfofisiológicos presentes na Tabela.2, é possível observar que a o fator ambiente, foi significativo ($p<0,05$) para as avaliações de número de perfilhos e matéria seca de raiz. Tratando-se da inoculação, realizada nas sementes de trigo, os resultados foram significativos ($p<0,05$) para as análises de número de perfilhos (NP) e matéria seca total (MST). Observou-se ainda, uma interação significativa ($p<0,05$) entre a inoculação de sementes com PGPRs e o déficit hídrico (AxI) para os parâmetros de matéria seca de parte aérea (MSPA) e matéria seca total (MST), possibilitando o desdobramento dos mesmos, quais podem ser encontrados na Tabela 3.

Tabela 1. Parâmetros morfofisiológicos de plantas de trigo (TBio Toruk) submetidas à inoculação de sementes com bactérias promotoras do crescimento e déficit hídrico no início do perfilhamento. Curitiba (SC), 2018.

Ambiente (A)	H (cm)	NP	SPAD	VR (cm ³)	MSPA (g)	MSR (g)	MST (g)
Irrigado	17,6	38,3 a	46,8	0,003	2,11	1,04 a	3,16
Seca	16,4	32,6 b	51,0	0,002	1,40	0,92 b	2,32
<i>P</i>	<i>0,17</i>	<i>0,02</i>	<i>0,56</i>	<i>0,12</i>	<i>0,07</i>	<i>0,03</i>	<i>0,06</i>
Inoculação (I)	H (cm)	NP	SPAD	VR (cm ³)	MSPA(g)	MSR (g)	MST (g)
Testemunha	16,4	28,6 b	51,1	0,002	1,25	0,70	1,95
Pseudomonas (Ps)	16,9	36,1 ab	50,3	0,003	1,73	0,98	2,71
Azospirillum (Az)	16,8	33,7 b	45,3	0,003	1,94	1,06	3,00
Ps+Az	17,9	43,4 a	48,7	0,004	2,11	1,18	3,29
<i>Pp</i>	<i>0,46</i>	<i>0,00</i>	<i>0,72</i>	<i>0,08</i>	<i>0,09</i>	<i>0,19</i>	<i>0,04</i>
<i>p (A x I)</i>	<i>0,44</i>	<i>0,09</i>	<i>0,99</i>	<i>0,55</i>	<i>0,03</i>	<i>0,21</i>	<i>0,03</i>

H: Altura NP: Número de perfilhos; VR: Volume radicular; MSPA: Matéria seca de parte aérea; MSR: Matéria seca de raízes; MST: Matéria seca total de plantas. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si ($p<0,05$), pelo teste t de Student (ambientes) ou pelo teste de Tukey (Inoculação).

O resultado encontrado para o número de perfilhos respondeu de forma significativa, sendo que os maiores números de perfilhos foram encontrados para o ambiente irrigado com o valor de 38,3 e no tratamento de co-inoculação (Ps+Az) com o valor de 43,4. Os menores

valores foram encontrados em ambiente seco e na testemunha, com 32,6 e 28,6 perfilhos, respectivamente.

A análise dos valores de MSR também mostrou resposta significativa para o fator ambiente, onde a média foi maior quando não houve restrição hídrica (1,04 g). Já para os valores do fator inoculação respondeu positivamente e o maior valor foi encontrado no mix de *Pseudomonas spp.* + *Azospirillum brasilense* (1,18 g). Os resultados mostram concordância com a literatura, pois de maneira geral, plantas submetidas ao déficit hídrico possuem índices menores de desenvolvimento, bem como o perfilhamento, quando comparadas às plantas que crescem em condições adequadas de desenvolvimento. Além disso, o déficit hídrico favorece o desenvolvimento radicular durante o estágio vegetativo das plantas. Esse fenômeno reduz o potencial de crescimento da parte aérea e estimula o desenvolvimento de raízes, com o objetivo de alcançar água em locais mais profundos do solo (FUMIS e PEDRAS, 2002).

Resultados semelhantes foram encontrados nos trabalhos de Turner (1997), qual destacou a redução do volume de matéria seca de raízes em condição de déficit hídrico de plantas não submetidas ao tratamento de inoculação com PGPRs, visto que esse comportamento em plantas cultivadas a campo ocorre devido ao aprofundamento radicular, ocorrendo com o objetivo de encontrar água nas camadas mais profundas do solo.

Nos estudos de Da Costa et al. (2008), porém com maior intensidade de estresse hídrico, foi possível observar um menor crescimento radicular nos tratamentos sob estresse, proporcionado pela morte de raízes velhas. Logo, é possível afirmar que quanto maior a intensidade do estresse hídrico, o mecanismo ativado pelas plantas para minimizar os danos, é a partir do direcionamento de suas reservas para um maior aprofundamento radicular, e não expansão do volume lateral.

Domingues Neto et al., (2013), observaram que a inoculação de *Azospirillum brasilense* em plantas de milho promoveu aumento de 18% na massa fresca total e de 33% na massa fresca das raízes quando comparado à testemunha. Os mesmos pesquisadores concluíram que o uso de *Azospirillum brasilense* na cultura do milho safrinha não foi eficiente em elevar a produtividade, aumentando, além das massas frescas, a produção de massa seca das plantas inoculadas.

Os dados mostram que a inoculação induziu o perfilhamento e o acúmulo de biomassa das plantas. Esses dados são possíveis devido aos PGPRs promoverem um significativo efeito sobre o crescimento e o desenvolvimento dos vegetais por meio de diferentes mecanismos, que

não, somente assimilação de nutrientes. As bactérias do tipo *Pseudomonas* e *Azospirillum* tem demonstrado a promoção de crescimento em diversas espécies de plantas. Para o trigo, tem-se observado melhora significativa no perfilhamento, e aumento no acúmulo de biomassa (SADAGHIANI, BARIN E JALILI, 2008).

Tabela 2. Desdobramento da interação entre inoculação de sementes com bactérias promotoras do crescimento e déficit hídrico no início do perfilhamento de plantas de trigo (TBio Toruk). Curitiba (SC), 2018.

	MSPA (g)		MST (g)	
	Irrigado	Seca	Irrigado	Seca
Testemunha	1,75 Aa	0,75 Ab	2,47 Aa	1,43 Aa
<i>Pseudomonas</i> (P)	2,66 Aa	0,79 Aab	3,98 Aa	1,43 Ba
<i>Azospirillum</i> (A)	1,90 Aa	1,98 Aab	2,88 Aa	3,13 Aa
Ps+Az	2,15 Aa	2,08 Aa	3,30 Aa	3,29 Aa

MSPA: Matéria seca de parte aérea; MST: Matéria seca total de plantas. Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na linha (teste t de Student) e minúscula na coluna (teste de Tukey). não diferem entre si ($p < 0,05$)

De acordo com os resultados da Tabela 2, não houve diferença nos valores de MSPA entre os tratamentos no ambiente irrigado. No entanto, o tratamento de inoculação com *Pseudomonas*, apresentou a maior média e a testemunha a menor. Quando submetidos a restrição hídrica os tratamentos influenciaram no resultado significativamente, sendo a co-inoculação de PGPRs o tratamento a apresentar o melhor resultado, esse valor ficou muito próximo aos valores encontrados no ambiente submetido à irrigação. Demonstrando assim que a co-inoculação de *Pseudomonas* spp. + *Azospirillum brasiliense*, teve como resposta a indução de crescimento da cultura mesmo ambiente seco. Não houve diferença estatística nos tratamentos entre os ambientes irrigado e com restrição hídrica.

Muitos mecanismos vêm sendo propostos para explicar a indução de resistência à seca, qual os PGPRs possuem a capacidade de promover nos vegetais. Pode-se incluir, atividade fitohormonal, volatilização de compostos, alterações morfológicas da raiz, ativação de ACC deaminase, acumulação de osmólitos, defesa antioxidante e co-inoculações. O termo tolerância sistêmica induzida (TSI) foi criado para determinar alterações físicas e químicas induzidas pelos microrganismos nas plantas, resultando em maior tolerância a estresses abióticos (YANG, KLOEPPER e RYU, 2009)

Tratando-se das médias relacionadas a variável de acúmulo de matéria seca total (Tabela 2), os resultados em ambiente irrigado não obtiveram diferenças significativas entre si.

O tratamento com inoculação de *Pseudomonas* spp. em ambiente submetido ao estresse hídrico, também apresentou decréscimo no valor de matéria seca total.

O decréscimo do parâmetro relacionado ao tratamento de *Pseudomonas* pode ser explicado pelo efeito deletério que essa bactéria pode causar em alguns vegetais, ou dependendo do ambiente em que se encontra. Esse microrganismo pode produzir metabólitos que causam efeitos inibitórios no crescimento e desenvolvimento das plantas (KREMER E SOUISSI, 2001).

De acordo com Kremer e Souissi, 2001, o crescimento de plântulas de alface, capim-arroz e rabo-de raposa verde, foi prejudicado com a presença de *Pseudomonas*, tal fato sendo correlacionado a produção de HCN e KCN desses microrganismos, resultando em diminuição drástica de produtividade.

Os mecanismos que envolvem os efeitos deletérios dessa rizobactéria ainda são desconhecidos e demandam extensas pesquisas, principalmente sobre os efeitos edafoclimáticos. Dessa forma, o uso desse microrganismo de forma isolada no campo ainda não é recomendando, pois pode diminuir a produtividade e trazer prejuízos para o produtor. Contudo, este microrganismo se apresentou como uma boa ferramenta quando aliado ao *Azospirillum brasiliense* na forma de co-inoculação *Pseudomonas* spp.+ *Azospirillum brasiliense* (Ps+Az), aumentando a produtividade de biomassa significativamente, mesmo em condições de restrição hídrica.

6. CONCLUSÃO

A co-inoculação de *Pseudomonas* spp.+ *Azospirillum brasiliense* (Ps+Az) promoveu maior crescimento de plantas de trigo, principalmente em ambiente submetido à déficit hídrico.

REFERÊNCIAS

- AHEMAD, M.; KIBRET, M. Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: Current perspective. **Journal of King Saud University-Science**. v. 26, n. 1, p. 1-20. 2013. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1018364713000293>. Acesso em: 14. Out. 2018.
- AYDINALP, C.; CRESSER, M. S. The effects of global climate change on agriculture. **Agric.&Environ. Sci.**: York. v.3, n. 5, p. 672, 2008. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/dd6e/abd3a2f627b289a3d8cf8ff3b9b88e631028.pdf>. Acesso em: 5 ago. 2018.
- BRUM, A. L.; MÜLLER, P. K. A realidade da cadeia de trigo no Brasil: o elo produtores/cooperativas. **Rev. Econ. Sociol. Rural**: Brasília. v. 46, n. 1, 2008. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-20032008000100007&script=sci_arttext. Acesso em: 11 jul. 2018.

CARDOSO, E. J. B. N.; ANDREOTE, F. D. **Microbiologia do solo**. Piracicaba: ESALQ, 2016. 221 p.

CHATTERJEE A.; VALASUBRAMANIAN, R.; MA, W-L.; VACHHANI, A.K.; GNANAMANICKAM, S.S.; CHATTERJEE, A.K. Isolation of ant mutants of *Pseudomonas fluorescens* strain Pf7-14 altered in antibiotic production, cloning of ant⁺ DNA and evaluation of the role of antibiotic production in the control of blast and sheath blight of rice. **Biological Control** 7, 185–195. 1996.

CONAB- Companhia Nacional de Abastecimento brasileiro. **A cultura do Trigo**. Brasília: Conab, 2017. 218 p. Disponível em: https://www.conab.gov.br/uploads/arquivos/17_04_25_11_40_00_a_cultura_do_trigo_versao_digital_final.pdf. Acesso em: 20 jul. 2018.

CONAB- Companhia Nacional de Abastecimento brasileiro. **A cultura do Trigo**. Brasília: Conab, 2017. 218 p. Disponível em: https://www.conab.gov.br/uploads/arquivos/17_04_25_11_40_00_a_cultura_do_trigo_versao_digital_final.pdf. Acesso em: 20 jul. 2018.

CONAB-Companhia Nacional de Abastecimento Brasileiro. Análise mensal: Trigo, março 2018. Disponível em: <file:///D:/Usuario/Downloads/TrigoZyZAnliseZMensalZyZmaro-2018.pdf>. Acesso em: 19 jul. 2018.

CONAB-Companhia Nacional de Abastecimento Brasileiro. Observatório agrícola, acompanhamento da safra brasileira de grãos: Safra 2017, v.6, n.2. Disponível em: file:///D:/Usuario/Downloads/Boletim_Graos_novembro_2017.pdf. Acesso: 11 jul. 2018.

COSTA, J. R.; PINHO, J. L. N.; PARRY, M. M. Produção de matéria seca de cultivares de milho sob diferentes níveis de estresse hídrico. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* (Impresso), v. 12, p. 36-43, 2008.

DIMKPA, C.; WEINAND, T.; ASCH, F. Plantrhizobacteria interactions alleviate abiotic stress conditions. **Plant, Cell & Environment**, v. 32, n. 12, p. 1682-1694, 2009. Disponível em: https://www.google.com.br/search?q=DIMKPA%2C+C.%3B+WEINAND%2C+T.%3B+ASCH%2C+F.+Plantrhizobacteria+interactions+alleviate+abiotic+stress+conditions.+Plant%2C+Cell+%26+Environment%2C+v.+32%2C+n.+12%2C+p.+1682-1694%2C+2009.&rlz=1C1AVFC_enBR802BR802&oq=DIMKPA%2C+C.%3B+WEINAND%2C+T.%3B+ASCH%2C+F.+Plantrhizobacteria++interactions+alleviate+abiotic+stress++conditions.+Plant%2C+Cell+%26+Environment%2C+v.+32%2C+n.+12%2C+p.++1682-1694%2C+2009.&aqs=chrome..69i57&sourceid=chrome&ie=UTF-8. Acesso em: 21 set. 2018.

DOMINGUES NETO, F. J.; YOSHIMI, F. K.; GARCIA, R. D.; MIYAMOTO, Y. R.; DOMINGUES, M. C. S. Desenvolvimento e produtividade do milho verde safrinha em resposta à aplicação foliar com *Azospirillum* brasileiro. **Enciclopédia Biosfera: Centro Científico Conhecer**, v.9, n.17, p.1030-1040, 2013.

EMBRAPA. **Circular técnica 21: A cultura do trigo**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2006. Disponível em: http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/ci/p_ci21_1.htm. Acesso em: 4 ago. 2018.

EMBRAPA. Documento 309: 9º Seminário Jovens Talentos-Coletânea dos resumos apresentados. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2015. 130p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/141567/1/CNPAF-2015-dc309.pdf>. Acesso em: 11 jul. 2018.

FAO- Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT: Countries by commodity-RANKINGS-Wheat-2016. Disponível em: http://www.fao.org/faostat/en/#rankings/countries_by_commodity. Acesso em: 14 out. 2016.

FUMIS, T. F.; PEDRAS, J. F. Variação nos níveis de prolina, diamina e poliaminas em cultivares de trigo submetidas a déficits hídricos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**: Brasília, v. 37, n. 4, p. 449-453. 2002. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-204X2002000400004&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 2 out. 2018.

GHOLAMI, A.; SHAHSAVANI, S.; NEZARAT, S. The effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on germination and yield of Maize. World Academy of Science, engineering and Technology: **International Journal of Biological, Biomolecular, Agricultural, Food and Biotechnological Engineering**. v. 3, n. 1. 2009. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/aa43/b56cfb34b18441d1a5f145b83e6b6844d118.pdf>. Acesso em: 15 set. 2018.

GLIESSMAN, S. R. Agroecology: Researching the Ecological Basis for Sustainable Agriculture. 1 ed. Nova York: Springer, 1990.

GUARIENTI, E. M.; CIACCO, C. F.; CUNHA, G. R.; DEL DUCA, L. J. A.; CAMARGO, C. M. O.; Efeitos da precipitação pluvial, da umidade relativa do ar e de excesso e déficit hídrico do solo no peso hectolitro, no peso de mil grãos e no rendimento de grãos de trigo. Campinas: **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 25, n. 3, p. 412-418. 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/%0D/cta/v25n3/27004.pdf>. Acesso em: 23 ago. 2018.

HESS, D. J. **Alternative pathways in science and industry**. Massachusetts: The MIT Press, 2007.

KILIÇ, H.; YAGBASANLAR, T. The effect of drought stress on grain yield, yield components and some quality traits of Durum wheat (*Triticum turgidum ssp. Durum*) cultivars. **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici**: Cluj-Napoca. v. 38, n. 1, p. 164, 2010. Disponível em: <file:///D:/Usuario/Downloads/4274-17665-2-PB.pdf>. Acesso em: 5 ago. 2018.

KOKALIS-BURELLE, N.; KLOPPER, J.W.; REDDY, M. S. Plant growth-promoting rhizobacteria as transplant amendments and their effects on indigenous rhizosphere microorganisms. Auburn: **Applied Soil Ecology**, v.31, p.91–100, 2006. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0929139305000922>. Acesso em: 2 set. 2018.

KRAMER, P. ; BOYER, J. S. **Water relations of plants and soils**. San Diego: Academic Press, 1995.495p.

KREMER, R.J.; SOUSSI, T. Cyanide production by rhizobacteria and potential for suppression of weed seedling growth. **Curr. Microbiol.** v. 43, p. 182-186. 2001. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11400067>. Acesso em: 14 out. 2018.

KUDAN, R.; PANT, G.; JADON, N.; AGRAWAL, P. K. Plant growth promoting rhizobacteria: Mechanism and current prospective. **Journal of Fertilizers & Pesticides**. v. 6, n. 2, p. 155. 2015. Disponível em: <https://www.omicsonline.org/open-access/plant-growth;->

promoting-rhizobacteria-mechanism-and-current-prospective-jbfbp-1000155.pdf. Acesso em: 24 nov. 2018.

MANFRON, P. A.; LAZZAROTTO, C.; MEDEIROS, S. L. P. TRIGO-Aspectos agrometeorológicos. **Ciência Rural**: Santa Maria. v. 23, n. 2, p. 233-239, 1993. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010384781993000200021&lng=en&tlng=en. Acesso em: 11 de jul. 2018.

MEHTA, Y. R. **Wheat diseases and their management**. Nova York: Springer, 2014. 300 p. Disponível em: <https://docslide.net/documents/wheat-diseases-and-their-management-.html>. Acesso em: 19 jul. 2018.

NANDAKAMUR, R.; BABU, S.; VISWANATHAN, R.; RAGUCHANDER, T.; SAMIYAPPAN, R. Induction of systemic resistance in rice against sheath blight disease by *Pseudomonas fluorescens*. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 33, p. 603-612. 2001.

ORTEGA, J. K. E. Plant growth in tissue. American society of plant biologists: Plant Physiology. v. 154, n. 3; p. 1244-1253. 2010. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2971603/#>. Acesso em: 26 ago. 2018.

PAZ, V. P. S.; TEODORO, R. E. F.; MENDONÇA, F. C. Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente. Campina Grande: **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 4, n. 3, p. 465-473. 2000. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/%0D/rbeaa/v4n3/v4n3a25.pdf>. Acesso em: 23 ago. 2018.

PERAZZOLLI, M.; DAGOSTIN, S.; FERRARI, A.; ELAD, Y.; PERTOT, I. Induction of systemic resistance against *Plasmopara viticola* in grapevine by *Trichoderma harzianum* T39 and benzothiadizole. Trento: **Biological Control**, v.47, p.228-234, 2008. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1049964408002041>. Acesso em: 2 set. 2018.

SADAGHIANI, M. H. R.; BARIN, M.; JALILI, F. The effect of PGPR inoculation on the growth of wheat. International **Meeting on Soil Fertility Land Management and Agroclimatology**: Turkey. Departamento de ciência do solo, Urmia Universidade de agricultura. p. 891-898. 2008. Disponível em: <http://adudspace.adu.edu.tr:8080/xmlui/bitstream/handle/11607/2688/097.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 14 out. 2018.

SINGH, A.; VAISH, B.; PRATAP SINGH, R. Eco-restoration of degraded lands through microbial biomass: an ecological engineer. **Acta biomédica Scientia**: India. v.3, n. 1, p. 133-135. 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/288416286_ECO-RESTORATION_OF_DEGRADED_LANDS_THROUGH_MICROBIAL_BIOMASS_AN_ECOLOGICAL_ENGINEER. Acesso em: 14 out. 2018.

SINGH, S.; GUPTA, A. K.; KAUR, N. Influence of drought and sowing time on protein composition, antinutrients, and mineral contents of wheat. Ludhiana: **The Scientific World Journal**. v. 2012, ID 485751. 2011. Disponível em: <https://www.hindawi.com/journals/tswj/2012/485751/>. Acesso em: 27 ago. 2018.

SOUZA JÚNIOR, I.T.; MOURA, A.B.; SCHAFER, J.T.; CORRÊA, B.O.; GOMES, C.B. Biocontrole da queima-das-bainhas e do nematoide-das-galhas e promoção de crescimento de plantas de arroz por rizobactérias. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**: Brasília, v. 45, n. 11, p.1259-1267, 2010.

TURNER, N.C. Further progress in crop water relations. San Diego: **Advances in Agronomy**. v.58, p.293-338, 1997.

TUNDISI, J. G. Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções. São Paulo: **Instituto Internacional de Ecologia**. Estudos avançados. v. 22, n. 63. 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ea/v22n63/v22n63a02>. Acesso em: 23 ago. 2018.

USDA- The effects of climate change on agriculture, land resources, water resources and biodiversity in the United States. **U.S. Climate Change Science Program**: Washington, 2008. Disponível em: <file:///D:/Usuario/Desktop/SECA%20DO%20TRIGO/Artigos/CLIMATE%20CHANGE%20USDA.pdf>. Acesso em: 5 ago. 2018.

VAN LOON, L.C.; BAKKER, P.A.H.M.; PIETERSE, C.M.J. Systemic resistance induced by rhizosphere bacteria. **Annual review of Phytopathology**, v. 36, p. 453-483, 1998. Disponível em: <https://www.annualreviews.org/doi/full/10.1146/annurev.phyto.36.1.453>. Acesso em: 2 set. 2018.

VEJAN, P.; ABDULLAH, R.; KHADIRAN, T.; ISMAIL, S.; BOYCE, A. N. Role of Plant Growth Promoting Rhizobacteria in Agricultural Sustainability—A Review. **MDPI molecules**: Malaysia. v. 21, n. 573, p. 2-17, 2016. Disponível em: <file:///D:/Usuario/Downloads/molecules-21-00573-v2.pdf>. Acesso em: 09 de jul. 2018.

WRIGLEY, C.W. Wheat: a unique grain for the world. In: KHAN, k.; SHEWRY; P.R. Wheat: chemistry and technology. 4 ed. Saint Paul: American Association of Cereal Chemists, 2009. p. 1-17. Disponível em: https://books.google.com.br/books?id=Cc1XDAAAQBAJ&pg=PR1&lpg=PR1&dq=wheat+chemistry+and+technology+4th+edition&source=bl&ots=dawKCguWF3&sig=RUBL2tp5tkJ_Pe4v5u4WjQXcEt0&hl=ptBR&sa=X&ved=2ahUKewiwnbX71qzcAhWbljQIHU_TBIE4ChDoATAAegQICRAB#v=onepage&q=wheat%20chemistry%20and%20technology%204th%20edition&f=false. Acesso em: 19 jul. 2018.

YANG, J; KLOPPER, J. W.; RYU, C. M.; Rhizosphere bacteria help plants tolerate abiotic stress. **Trends Plant Science**. v.14, n. 1, p. 1-4. 2009. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19056309>. Acesso em: 14 out. 2018.